II. Abhandlungen und kleinere Mitteilungen.

Zum Problem der präkambrischen Fossilien und Lebensspuren.

Von

Adolf A. Th. Metzger (Pargas, Finnland).

Einer der grössten Gegensätze in der Erdgeschichte ist die Fossilarmut der vorkambrischen Formationen gegenüber dem Fossilreichtum der mit dem unteren Kambrium beginnenden jüngeren Formationen. Diese Tatsache war in den älteren Forschungsperioden der Anlass dazu, dass die vorkambrischen Formationen als azoische den fossilführenden postkambrischen gegenübergestellt wurden, als Urgebirge, an dessen Erforschung der paläontologisch interessierte Geologe kaum ein Interesse haben konnte. Das kristalline Urgebirge war das Arbeitsfeld der Petrographen, das anfangs sogar dem petrologisch orientierten Geologen weniger offenstand. Erst um die Jahrhundertwende begann man in die Lehre von dem Urgebirge Ansichten einzuführen, die geeignet waren, dieses Arbeitsgebiet für die eigentliche Geologie zu erschliessen. Man erkannte nämlich auf Grund eingehender Untersuchungen, von denen hier vor allen Sederholms Arbeit über die archäischen Schiefer von Tammerfors in Finnland (1897) genannt werden soll, dass auch in den hochmetamorphen Gesteinen des Urgebirges Sedimente und Eruptive vollkommen normaler Entstehung zu sehen sind. Während man früher für die Entstehung der archaischen Gesteine vorwiegend exzeptionalistische Umstände angenommen hatte, gewöhnte man sich allmählich daran unter Führung der fennoskandischen Geologen, diese uralten metamorphosierten Bildungen von einem aktualistischen Gesichtspunkte aus zu betrachten. Konnte man doch mit dem Fortschreiten unserer Kenntnisse von den grossen Urgebirgsschildern der Fennoskandia und Kanadas immer neue Belege für das Vorhandensein von echten Vulkaniten, vulkanischen

Tuffen, Konglomeraten aquatischer, äolischer und glazialer Herkunft, sandigen und schlammigen Schichtgesteinen, kalkiger und schliesslich kohliger Biolithe beibringen. Selbst Gegenstücke zu unseren spätdiluvialen Bändertonen konnten in der bottnischen Formation des mittleren Finnlands aufgeschlossen werden. Mit der Erkenntnis dieser Tatsachen wurde die Kluft zwischen der früher hauptsächlich mit „Granit und Gneis" arbeitenden Urgebirgsgeologie und der eigentlichen historischen Geologie schon zum grossen Teil geschlossen. Doch noch enger geschah die Angliederung an die Geologie der postkambrischen Formationen durch die Erkenntnis, dass auch das Urgebirge keine einheitliche Bildung ist, sondern dass sich hier ebenso wie im Bereich der jüngeren Formationen verschiedene, in den einzelnen Terrains wohl umrissene Unterstufen unterscheiden lassen. Man konnte also auch im Urgebirge stratigraphisch arbeiten. Diese stratigraphische Erforschung des Urgebirges ist sowohl in Fennoskandia wie auch in Nordamerika recht weit durchgeführt worden; sie steht aber noch lange nicht vor ihrer Vollendung. Wir können hier die einzelnen Ergebnisse nicht näher besprechen. Es genügt uns für die vorliegenden Ausführungen vollkommen zu wissen, dass das Urgebirge in zwei grosse Formationsgruppen aufgeteilt wird, eine ältere, die archaische, und eine jüngere, die proterozoische. Die jüngere Gruppe, das Proterozoikum, wird oft auch als Präkambrium bezeichnet. Dieses ist insofern eine Fehlbenennung, als auch das noch ältere Archaikum ebenfalls präkambrisch ist. Ich wende daher hier für die Formationen zwischen dem Kambrium und Archaikum den von Sederholm geprägten Ausdruck Proterozoikum an, während ich mit präkambrischen Formationen sämtliche Bildungen bezeichne, die älter sind als das Kambrium. Was die Bedeutung der archaischen und proterozoischen Formationsgruppen gegenüber den postkambrischen Gruppen des Paläozoikums, Mesozoikums und Neozoikums betrifft, so sei hier nur darauf hingewiesen, dass die präkambrischen Bildungen einen Zeitraum vertreten, der mindestens ebenso lang ist wie die Zeit, die zur Bildung der postkambrischen Gruppen benötigt wurde. Dieser Umstand verdient besonders deswegen erwähnt zu werden, da in den gebräuchlichen Lehr- und Handbüchern das Archaikum und Proterozoikum gewöhnlich auf ebenso kurzem Raume behandelt werden, wie etwa die Devon- oder Triasformation. Hierdurch geht dem Benutzer dieser Werke meistens der Begriff von der Länge dieser Perioden vollkommen verloren.

Mit der Einführung des aktualistischen Deutungsprinzipes und der stratigraphischen Arbeitsmethode in die Urgebirgsgeologie ist also ein Anschluss an die historische Geologie der postkambrischen Formationen erreicht. Trotzdem bleibt aber immer noch ein auffallender Gegensatz zwischen dem Post- und Präkambrium bestehen, und das ist der teilweise oder vollkommene Fossilmangel in den letzt-

genannten Formationen. Bis an die untere Grenze des Kambriums können wir die Spuren der Organismenwelt an Hand von gut erhaltenen Fossilien verfolgen. Dann verschwinden die deutlichen Fossilien und machen vereinzelt vorkommenden problematischen Resten Platz. Diese Tatsache ist nun sowohl von geologischem wie auch von biologischem Gesichtspunkt von allergrösster Bedeutung.

Betrachten wir zunächst einmal die rein biologische Seite des Problems. Die uns heute vorliegende unterkambrische Fauna setzt sich aus Vertretern sämtlicher erhaltungsfähigen Tiergruppen bis hinauf zu den Trilobiten zusammen. Die von Walcott (1908 ff.) aus dem 3500 m mächtigen Kambrium von Robson Peak und Mount Lefroy im kanadensischen Felsengebirge beschriebenen Faunen geben uns einen Begriff von dem Reichtum des kambrischen Tierlebens. Selbst so leicht zerstörbare Organismen wie die Holothurien und Scyphomedusen sind hier mit allen Weichteilen, Gefässen und Sinnesorganen vorzüglich erhalten. Ihnen schliessen sich Anneliden mit wohl erhaltener Behaarung, Segmentalorganen und Anhängen, sowie herrliche Exemplare von Arthropoden verschiedenster Art an. Aus Böhmen und Skandinavien kennen wir ebenfalls aus dem Kambrium Faunen, die durch ihre Mannigfaltigkeit uns die weitgehende Differenzierung der kambrischen Lebewelt vor Augen führen. Bemerkenswert ist es ausserdem, dass man diese hochentwickelte Fauna überall bis an die untere Grenze des Kambriums hinab verfolgen kann. Selbst in dem eokambrischen blauen Ton des Ostbaltikums, der im allgemeinen als fossilleer angesehen wurde, hat Öpik neuerdings eine kleine, aber differenzierte Fauna nachweisen können. Wir stehen nun vor der merkwürdigen Tatsache, dass die älteste sicher in allen Einzelheiten bestimmbare fossile Fauna, die kambrische, plötzlich und überall mit einer weitfortgeschrittenen Differenzierung und mit grosser Art- und Individuenanzahl erscheint. Ist nun unsere Auffassung von einer fortschreitenden Entwicklung des Tierreiches aus älteren weniger differenzierten Formen richtig, so muss weiterhin die Annahme zu Recht bestehen, dass die kambrische Fauna auf eine längere Ahnenreihe zurückzuführen ist und dass die Ahnenfauna in vorkambrischer Zeit die Erde bevölkert hat. Dem gegenüber besteht die Tatsache, dass es bisher nicht gelungen ist, eine solche vorkambrische Fauna zu entdecken. Vielmehr sind die präkambrischen Fossilien und Lebensspuren überwiegend vom biologischen Standpunkt als Problematika anzusehen, die nur in Ausnahmefällen zu der kambrischen Fauna Beziehungen haben können.

Es war ein unglücklicher Umstand für die Forschung nach präkambrischen Fossilien, dass der Anfang auf diesem Forschungsgebiet durch die Entdeckung des vollkommen anorganischen Eozoon

gemacht wurde. Diese angeblichen fossilen Reste, die von Mc Mullen 1863 im Archaikum von Massachusetts entdeckt wurden und von Logan, Dawson, Carpenter und Hunt als Foraminiferen riesiger Dimension gedeutet wurden, fanden sich auch in anderen Gebieten wieder, so in Bayern, Böhmen und Finnland. Trotz der warnenden Stimmen von King und Rowney, Percy und Burbank, welche die Eozoonbildungen als gewöhnliche Kontaktbildungen in Kalkstein auffassten, die ersteren auf Grund von Material von der Insel Sky, die letzteren aus Massachusetts, begeisterte man sich namentlich auf biologischer Seite sehr für das Urtier Eozoon. Schon 1878 machte Möbius kurzen Prozess mit diesem ersten präkambrischen Fossil, indem er in einer minutiösen Untersuchung zeigte, dass es sich bei dem Eozoon lediglich um einen gewöhnlichen Ophikalzit handelt, der als pneumatolytische Kontaktwirkung aufzufassen ist. Damit war das Eozoon ein für allemal in der Wissenschaft erledigt; um so mehr muss einem wundern, dass es noch anfangs unseres Jahrhunderts als ältester Beweis für organisches Leben in populärwissenschaftlichen Werken aufgetischt wird (z. B. M. Reymond, Das Weltall, Deutsche Volksbibliothek A.-G., Berlin 1909). Immerhin genügte der Fall Eozoon, um die Geologen und Petrologen, die sich mit dem Präkambrium beschäftigten, gegenüber neuen Fossilfunden bedeutend kritischer zu stimmen, während die Paläontologen meistens vollkommen diesen Fragen den Rücken kehrten oder sich zum mindesten ausserordentlich zweifelnd stellten. So kam es, dass man sich recht skeptisch verhielt, in Deutschland war es namentlich Frech, als Cayeux 1894 die Beschreibung der von Barrois im präkambrischen Briovérien der Bretagne entdeckten präkambrischen Radiolarienfauna brachte. Cayeux konnte nachweisen, dass die Radiolarien der Schiefer von St. Lô sich von den rezenten Formen nur wenig unterscheiden. Sie gehören hauptsächlich zu den Unterordnungen Spumellaria und Nasselaria. Coenosphaera war das vorherrschende Genus, daneben kommen Acanthosphaera, Carposphaera, Atylasphaera u. a. vor. Rauff versuchte die Bestimmungen des französischen Forschers in Zweifel zu ziehen, und Frech bezweifelte das präkambrische Alter der Schiefer von St. Lô. Weitere Untersuchungen bestätigten doch vollkommen die Richtigkeit der Behauptungen von Barrois und Cayeux.

Die Radiolarienfauna von St. Lô war somit die erste wirklich präkambrische Fauna, die festgestellt werden konnte. Wenngleich sie nur wenig älter als das Kambrium war, die Schiefer von St. Lô gehören dem jüngsten Proterozoikum an, so war damit doch ein grosser Schritt vorwärts getan. Etwas später wurde diese erste Entdeckung durch eine zweite in Nordamerika gefolgt, wo es Walcott gelang, in den Beltschiefern in Montana Reste von Gigantostraken, Eurypterus und Beltina, sowie Kriechspuren von Würmern zu

entdecken. Rothpletz besuchte später ebenfalls die Beltserie in Montana, allerdings in einem höheren Horizont, dem sogenannten Spokaneschiefer. Hier konnte er folgende Formen nachweisen: Fordilla, Olenellus, Lingulella, Obolella, Rustella, Acrotreta, Kutorgina und Nadeln von Hexactinelliden und Lithistiden. Interessant ist auch das Vorkommen eines Hyolithes. Walcott behauptet bestimmt, dass eine deutliche Diskordanz zwischen der Beltserie und dem Kambrium besteht. Andererseits weist Rothpletz mit Recht darauf hin, dass die Fauna der Spokaneschiefer im Capitol-Creek der kambrischen Fauna so nahesteht, dass man mit grosser Wahrscheinlichkeit annehmen kann, dass die betreffenden Schichten unterkambrischen Alters sind. Immerhin hielt Walcott an dem hohen Alter der von ihm gefundenen organischen Reste fest. Es ist jedoch wahrscheinlich, dass es sich hier ebenfalls, wie bei den Radiolarienschichten von St. Lô, um Bildungen des jüngsten Proterozoikums handelt.

Höheren Alters scheinen schon die Reste zu sein, die aus dem Grand Canyon bekannt geworden sind. Hier ist die Diskordanz zwischen dem Kambrium und Proterozoikum ausserordentlich deutlich und gut aufgeschlossen. Nach Dawson gehören die hier gefundenen Reste zu der Gattung Cryptozoon. Diese Gattung ist im nordamerikanischen Kambrium und Ordovizium verbreitet. Sie bildet kugelige Körper mit konzentrischen Schalen, die durch feine Kanäle in Verbindung miteinander stehen. Die systematische Stellung von Cryptozoon ist noch ungeklärt. Während Hall, Dawson und ursprünglich auch Walcott geneigt waren, das Crytozoon zu den Cölenteraten zu stellen, ordnen Bassler, Walcott und Rothpletz es in späteren Arbeiten den Algen zu. Walcott will weiterhin alle präkambrischen Cryptozoen zu einem besonderen Untergenus stellen, Collenia. Es hat sich weiter gezeigt, dass die Cryptozoen im Präkambrium eine recht weite Verbreitung besitzen. So kennen wir Cryptozoon (Collenia) occidentale aus dem Grand Canyon, C. compacta, C. frequens, C. undosa aus der Beltserie in Montana und C. Walcotti aus dem Proterozoikum des Steeprock Lake in Kanada. Diesen präkambrischen Algenformen schliessen sich schliesslich noch zwei ebenfalls konzentrisch aufgebaute Reste an, die Walcott aus Newlandformation unter dem Genus Newlandia mit den zwei Arten N. concentrica und N. frondosa beschrieben hat. Das Vorhandensein einer präkambrischen Algenflora ist somit mit recht grosser Sicherheit festgestellt worden.

Fraglicher Natur ist dagegen die von Walcott als Chuaria circularis beschriebene Bildung, die ebenfalls im Grand Canyon vorkommt. Sie wird von dem Autor als Brachiopodenrest aufgefasst. Eine ähnliche Bildung ist die Aspidella terranovica Billings aus dem Proterozoikum von Neufundland.

Sowohl im Grand Canyon wie in Neubraunschweig wurden deutliche Reste von Hyolithes gefunden.

Walcott beschrieb weiter von dem Fundorte am Steeprock Lake im kanadensischen Felsengebirge ein Problematikum, das er Attikokania nannte. Es sah längere Zeit aus, als ob diese Form mit Sicherheit Beziehungen zu der Gruppe der Archaeocyathiden des Kambriums besässe. In jüngster Zeit wurde jedoch die anorganische Entstehung der Attikokaniabildungen nachgewiesen. Damit ist Attikokania aus der Liste der vorkambrischen Fossilien zu streichen.

Im Proterozoikum der östlichen Fennoskandia konnte Metzger stockförmige verästelte Bildungen nachweisen, die er unter dem Namen Carelozoon jatulicum beschrieben und zu den Tabulaten gestellt hat auf Grund von Andeutungen von Querböden. Doch ist die Möglichkeit vorhanden, dass es sich ebenfalls um Kalkalgen handelt. Diese im mitteljatulischen Dolomit von Suojärvi in Ostfinnland vorkommenden Bildungen sind insofern von Interesse, als die Feinschichtung der umgebenden Dolomitmasse sich übergussförmig an die Carelozoonstrukturen anlegt, also jünger sein muss als die Stöcke.

Man hat gegen die organische Struktur von Cryptozoon und ähnlichen Gebilden öfters angeführt, dass sie wahrscheinlich nicht direkte Fossilien im eigentlichen Sinne sind, sondern lediglich als konkretionäre Ausscheidungen aufzufassen sind, die allerdings unter Mithilfe der physiologischen Tätigkeit von Mikroorganismen entstanden sein können. Namentlich Holtedahl hat sich neuerdings auf diesen Standpunkt gestellt, hauptsächlich auf Grund von Studien an Gymnosolen Ramsayi Steinm. aus dem Silur der Halbinsel Kanin und Nordnorwegen. Steinmann beschrieb die Form als einen stockbildenden Cölenteraten. Holtedahl will in der Gymnosolenstruktur nur das Ergebnis einer physiologischen Ausfällungstätigkeit sehen. Da weiterhin Gymnosolen recht grosse Ähnlichkeit mit Cryptozoon und anderen präkambrischen Bildungen besitzt, ist Holtedahl der Ansicht, dass auch diese als Ausscheidungsprodukte ähnlicher Art zu erklären seien. Nun hat aber die Struktur sowohl von Gymnosolen wie auch Cryptozoon und ähnlichen Gebilden eine Reihe recht markanter struktureller Eigenheiten wie Kanäle, Querböden, Lamellen und Stockform, dass eine einfache konkretionäre Entstehung diese kaum erklären kann. Auf Grund eines Studiums an dem Originalmaterial von Gymnosolen im Helsingforser Geologischen Museum erscheint es mir vorerst vollkommen berechtigt, an der organischen Natur dieser Reste festzuhalten, und dasselbe scheint mir auch für die Cryptozoen und Verwandte zu gelten.

Aus dem eigentlichen Archaikum sind uns bisher nur sehr spärlich Reste bekannt, die als Organismen zu deuten sind. Sederholm hat

aus dem bottnischen Schieferkomplex von Tammerfors sackförmige kohlige Gebilde beschrieben, die er Corycium enigmaticum nannte. Auffallend ist das Verhältnis dieser Kohlensäckchen zu dem umgebenden Sediment, welches aus einer feinen Wechsellagerung von tonigem und sandigem Material besteht. Man kann nämlich mit grösster Deutlichkeit beobachten, dass die Coryciumkörper, die an Schichtgrenzen auftreten, die Schichtung in der Weise durchsetzen, dass die Schichtfuge durch das Säckchen hindurch zu verfolgen ist. Dies kann nur dadurch erklärt werden, dass der sackförmige Körper unverändert während der Ablagerung fortbestanden hat und somit erst von der einen Sedimentschicht und dann von der anderen ausgefüllt worden ist, d. h. der Coryciumkörper war bereits vor der Ablagerung des Sedimentmaterials vorhanden. Man muss wohl mit Sederholm diese Gebilde zu den Algen stellen. Krejci bestritt neuerdings die organische Natur der Coryciumsäckchen, die er als Kneterscheinungen auffassen wollte, eine durchaus irrige Auffassung, die, wie Sederholm zeigen konnte, auf einer völligen Verkennung der wirklichen strukturellen Eigenheiten der Coryciumreste beruht. Trüstedt hat, wie Sederholm erwähnt hat, in den kalevischen Quarziten von Outokumpu Graphitkörper gefunden, deren eigentümliche Form an Organismen erinnern. Nach Frauenfelder soll es sich doch um mechanische Knetformen handeln. Immerhin sind diese Dinge noch zu wenig untersucht, um hier ein endgültiges Urteil fällen zu können. Vorläufig scheint uns das Corycium die einzige sichere organische Form aus dem Archaicum zu sein.

Hiermit haben wir die Reihe der bisher bekannten Fossilien aus dem Präkambrium erschöpft. Ihre Anzahl ist gering. Ihre systematische Stellung ist durchaus nicht gesichert, aber man scheint doch mit einiger Wahrscheinlichkeit behaupten zu können, dass während des gesamten Präkambriums eine recht weit entwickelte und verbreitete Algenflora vorhanden gewesen ist. Es ist nun eine notwendige biologische Folgerung, dass diese Algenflora nicht allein existiert hat, sondern es müssen noch weitere Lebewesen vorhanden gewesen sein. Von diesen kennen wir keinerlei Fossilien, wohl aber Lebensspuren im weitesten Sinne. Direkte Lebensspuren im engeren Sinne erwähnten wir schon oben, als wir von den in der Beltserie gefundenen Wurmspuren sprachen. Laitakari hat uns jüngst eigentümliche Röhren beschrieben, die im jotnischen (jungproterozoischen) Sandstein der Landschaft Satakunta in Westfinnland vorkommen. Er vermutet, dass es sich um Wurmröhren oder dergleichen handelt. Weitere Untersuchungen sind jedoch abzuwarten.

Es gibt aber noch Lebensspuren im weiteren Sinne, die von dem Vorhandensein einer Lebewelt zeugen müssen, nämlich die Biolithe. Solche aus der Anhäufung organischer Reste hervorgegangene Sedimente können wir verschiedentlich im Präkambrium nachweisen.

Als ein typischer Kaustobiolith tritt im Proterozoikum der östlichen Fennoskandia der sogenannte Schungit auf. Dieser ist ein Anthrazit, der gewöhnlich mit einem recht hohen Aschenprozent verbunden ist. Da wo er rein ist, nähert er sich in seinem chemischen Verhalten vollkommen dem Graphit. Er bildet in Schunga im russischen Karelien am Onegasee, von wo ihn Inostranzeff zuerst beschrieben hat, eine 2 m mächtige Flöz. Inostranzeffs Beobachtungen wurden später durch Ramsay bestätigt. Auf der finnischen Seite Kareliens wurde der Schungit in Suojärvi zuerst von Borgström (1896) festgestellt und neuerdings von Metzger genauer untersucht. Von Hackmann wurde er noch weiter gegen Westen im Kirchspiel Soanlahti festgestellt (vgl. Laitakari: Graphit). Der Schungit liegt in einem marinen dolomitischen Mergelpelit eingelagert und wird von Metzger als eine Einschwemmung von Sapropel aufgefasst. Es ist natürlich schwer zu sagen, ob es sich um Tier- oder Pflanzensapropel handelt. Es ist jedoch möglich, dass es sich um einen Radiolariensapropelit handelt, wofür ein sehr hoher Kieselsäuregehalt in der Asche spricht. Neuerdings macht Timoféieff die Meinung geltend, dass der Schungit eine Kontaktbildung zwischen den im Gebiet von Schunga und auch in Suojärvi und Soanlahti vorkommenden Metadiabasen und den pelitischen kalkigen Schiefern sei. Er beschreibt als Belegmaterial eine sehr interessante Form von Einschlüssen in dem Diabas, in denen Schungit mit Chalzedon und Quarz wechsellagert. An anderen Stellen konnte Timoféieff Schungit-Kalzitgänge feststellen. Er kommt dadurch zu einer vollkommen neuen Auffassung des Schungit als einer Kontaktbildung. Demgegenüber sei jedoch bemerkt, dass es sich in vielen Fällen sicher wird feststellen lassen, dass die Schungitlagerstätten von Diabasen durchbrochen oder intrusiv überlagert worden sind und dass hierbei Kontaktveränderungen stattgefunden haben, deren Ergebnis die von Timoféieff beschriebenen Dinge sind. Er beschreibt den bei diesen Gelegenheiten entstandenen Schungit als eine ausserordentlich reine graphitische Varietät, die wahrscheinlich nahezu vollkommen frei von Asche ist. Der gewöhnliche Schungit ist aber reich an solcher. Es ist daher wahrscheinlich, dass es sich bei der von Timoféieff beschriebenen reineren Modifikation um eine Kontaktumwandlung des gemeinen Schungitschiefers handelt. Der gemeine aschenreiche Schungit ist dagegen immer noch als ein reiner Kaustobiolith aufzufassen. Dafür spricht deutlich seine ganze geologische Erscheinungsweise. Seine lagerförmige Verbreitung in einem marinen Pelit, der beinahe immer eine gewisse Beimengung kohligen Materiales besitzt, kann kaum durch eine Kontakteinwirkung der durchsetzenden Diabase angesehen werden. Auch Laitakari fasst in seiner Zusammenstellung über die finnischen Graphitlagerstätten den Schungit als eine sedimentäre Bildung auf. In derselben Arbeit spricht er weiterhin

die Ansicht aus, dass die Graphitlager Finnlands im allgemeinen alle als Sedimente aufzufassen sind, d. h. aus Kaustobiolithen entstanden sind.

Unter den Petrobiolithen[1]) sind es vor allem die Kalksteine, die in den präkambrischen Formationen verbreitet sind. Verschiedene Forscher, u. a. Sederholm, haben schon längere Zeit die Vermutung ausgesprochen, dass die im Proterozoikum und Archaikum vorkommenden kristallinen Kalksteine als biogene Ablagerungen aufzufassen sind. Es ist dieses in den allermeisten Fällen auf Grund des Fehlens der organischen Strukturen natürlich nicht zu beweisen. Aber man muss immerhin auf Grund unserer aktualistischen Betrachtungsweise zugeben, dass die biogene Entstehung der präkambrischen Kalkgesteine zum mindesten sehr wahrscheinlich ist. Selbst wenn man mit Daly annimmt, dass die präkambrischen Kalksteine chemisch niedergeschlagen wurden, so kann dieses nicht ohne die Mithilfe von Organismen, Bakterien, geschehen sein. So lange wir aber keinen bindenden Beweis dafür haben, dass die frühpaläozoischen, d. h. kambrischen und vor allem silurischen Kalkfaunen die wirklich ältesten kalkschalentragenden Organismen gewesen sind, können wir nicht die Möglichkeit von der Hand weisen, dass die präkambrischen Kalksteine ebenfalls zum grossen Teil reine Biolithe sind. Das Fehlen einer wohl entwickelten Kalkschalenfauna im Kambrium, wenn wir von der Archäocyathenfauna absehen, liegt meiner Ansicht nach mehr darin begründet, dass die physiogeographischen Verhältnisse des Kambriums derart waren, dass eine reiche klastische Sedimentation die Ansiedelung einer blühenden Kalkfauna verhinderte, als daran, dass eine solche damals überhaupt noch nicht existiert hätte. Kalkfaunen benötigen nicht nur warmes durchleuchtetes, sondern auch vor allem klares, d. h. sedimentstofffreies Wasser für ihre Entwicklung. Während des Kambrium waren diese Verhältnisse kaum gegeben, da wahrscheinlich ein recht hohes Festlandsrelief für eine reichliche Zufuhr von klastischem Sedimentmaterial sorgte und hierdurch dazu beitrug, die Entwicklung einer Kalkfauna stark einzuschränken. Als dann im Ordovizium die klastische Sedimentierung abnahm, konnte die Entwicklung der kalkabscheidenden Fauna wieder beginnen, während die Hornschaler der klastischen Faziesgebiete zurückgedrängt wurden. Es ist also sehr leicht möglich, dass das Kambrium eine Lücke in der Entwicklung der Kalkschalenfaunen bedeutet, aber nicht notwendig das völlige Fehlen kalkschalentragender Organismen bedeuten muss, wie dies

[1]) Ramsay stellte in seinem Lehrbuch (Geologins Grunder, Helsingfors 1912) die Petrobiolithe als die nicht brennbaren biogenen Gesteine den brennbaren Kaustobiolithen gegenüber, ein Verfahren, das allgemein angewandt werden sollte, da es in praktischer Weise die systematischen Gruppen der Biolithe nach ihren Haupteigenschaften aufteilt.

gerne angenommen wird. Wir haben bislang keinen bindenden Beweis für das Fehlen einer vorkambrischen Kalkfauna. Es ist somit auch berechtigt, in den präkambrischen Kalksteinen Spuren einer Lebewelt zu sehen.

Die kieseligen Petrobiolithe können wir aus dem Präkambrium bisher nicht nachweisen. Das liegt wohl hauptsächlich daran, dass solche selten sehr mächtigen Gebilde auf Grund ihrer gesamten petrologischen Eigenheiten im Falle einer Metamorphose zweifelsohne bis zur völligen Unkenntlichkeit umgewandelt werden müssen. Wir können daher kaum etwas über sie aussagen. Das Vorkommen des Radiolarienhornsteins im Proterozoikum von St. Lô haben wir schon oben erwähnt. Erwähnt sei hier schliesslich noch, dass man in den proterozoischen Eisenerzen des Gebietes des Oberen Sees in Nordamerika Strukturen gefunden hat, die darauf hindeuten, dass Algen bei der Ausfällung dieser Erzlager eine Rolle gespielt haben können. Wie Leith für die Erze von Mesabi zeigen konnte, ist das primäre Mineral, der sogenannte Greenalit, wahrscheinlich unter ähnlichen Verhältnissen entstanden wie der Glaukonit, was ebenfalls auf das Vorhandensein von Organismen hindeuten könnte.

Übersehen wir nun das heute vorliegende Material an präkambrischen Fossilien und Lebensspuren, so müssen wir feststellen, dass wir heute zweifellos Beweise für das Vorhandensein einer präkambrischen Lebewelt besitzen. Die Anzahl der direkten Fossilien ist gering und ihre Beschaffenheit in den meisten Fällen derartig, dass wir sie in biosystematischer Hinsicht als Problematika ansehen müssen. Auffallend ist dagegen das Vorherrschen von Typen, die einer Algenflora angehört zu haben scheinen. Diese Algenflora, die in ihrem Habitus als Cryptozoenflora bezeichnet werden könnte, scheint sich noch in das ältere Paläozoikum hinein fortzusetzen, wie die Cryptozoon-Riffe aus dem nordamerikanischen Kambrium und Ordovizium (Bassler, Blackwelder) und die Gymnosolen-Riffe aus dem Silur von Kanin und Nordnorwegen beweisen. Die präkambrischen Fossilien stehen also nicht isoliert da, sondern zeigen einen deutlichen Zusammenhang mit den postkambrischen. Der geringen Anzahl von Fossilien steht eine recht grosse Anzahl von Gesteinen gegenüber, die wir zweifellos als Biolithe auffassen müssen. Sie beweisen uns also ein reges präkambrisches Leben. Diese Tatsache muss anerkannt werden. Gürich und Walther haben in Erkennung dieser Tatsache das Kambrium mit dem Proterozoikum zu einer Einheit, dem Archaeozoikum, vereinigen wollen. Es erscheint mir als besser, das Kambrium enger mit dem Ordovizium und dem Gotlandium zu vereinigen. Dafür sprechen doch sehr viele wichtige Gesichtspunkte. Man kann aber weiterhin diese drei Gruppen als ein älteres Palaeozoikum dem Devon-Karbon-Perm gegenüberstellen. Dagegen erscheint es mir völlig berechtigt,

das Achaeozoikum auf das Archaikum auszudehnen. Wir würden damit erhalten:

Neozoikum: Tertiär-Diluvium-Alluvium,
Mesozoikum: Trias-Jura-Cretazeum,
Palaeozoikum: Devon-Karbon-Perm,
Eupalaeozoikum: Kambrium-Ordovizium-Gotlandium,
Archaeozoikum: Proterozoikum-Archaikum.

Es bleibt uns nunmehr noch übrig, den merkwürdigen Gegensatz zu erklären, der zwischen dem fossilreichen Eupalaeozoikum und dem fossilarmen Archaeozoikum besteht. Die bisher vorgebrachten Erklärungsversuche sind entweder biologischer oder geologischer Art gewesen.

Von biologischer Seite wollte Clarke geltend machen, dass die präkambrischen Lebewesen nicht mit Schalenskeletten versehen gewesen seien. Er ist der Ansicht, dass die Schalenbildung ein Degenerationszeichen sei, das erst dann aufträte, wenn die Individuen sich nicht mehr gegen äussere Feinde schützen könnten. Dieser Zeitpunkt wäre erst im Kambrium eingetreten. Sederholm wendet hiergegen ein, dass man keinen annehmbaren Grund findet, weshalb die präkambrischen Tiere eines Schutzes durch Kalkschalen weniger bedurft hätten als die postkambrischen. Ausserdem scheinen die mächtigen Kalksteinlager des Präkambrium der Annahme von Clarke zu widersprechen. Dagegen betont Sederholm die Möglichkeit, dass das vorkambrische Meerwasser reicher an Kohlensäure war, wodurch ein schnelleres Auflösen der Kalkskelette bewirkt wurde.

Auf die Eigentümlichkeit, dass die kambrische Fauna hauptsächlich aus Hornschalern zusammengesetzt ist, hat Steinmann besonders hingewiesen. Er ist der Ansicht, dass die Bildung von Kalkschalen erst im Ordovizium begonnen hat. Ähnlich stellt sich auch Walther die Sachlage vor. Das Fehlen einer reicheren fossilen Fauna im Präkambrium beruhe somit darauf, dass die Träger derselben entweder ohne Schalen oder nur mit leicht zerstörbaren Hornschalen ausgerüstet gewesen seien. Wie schon oben angedeutet, möchte ich in der eigentümlichen kambrischen Hornschalerfauna doch lediglich das Ergebnis der faziellen Eigentümlichkeiten des Kambriums sehen, welche letzten Endes in den oben angedeuteten physiogeographischen Verhältnissen begründet liegen. Es ist also durchaus nicht gesagt, dass bis zum Kambrium nur Hornschaler vorhanden gewesen seien, sondern es können ebenso vor wie nach dem Kambrium Kalkschaler gelebt haben. In diesem Zusammenhange scheint die von Steinmann betonte Tatsache Bedeutung zu haben, dass die einzelnen Tiergruppen in gewissen Formationen fehlen können, trotzdem sie in der vorhergehenden und der nachfolgenden zahlreiche Vertreter hinterlassen haben. Ähnliches wird für die Kalkschaler im Kambrium gelten.

Man ist verschiedentlich der Ansicht gewesen, dass das hohe offene Meer als erste Heimstätte des Lebens zu gelten habe. Brooks und auch Walcott haben diesen Gedanken weiterverfolgt und kamen zu der Annahme, dass die präkambrische Fauna hauptsächlich aus pelagischem Plankton bestanden hätte, das erst im Kambrium die Ufer des Weltmeeres erreicht und sich hier angesiedelt hätte. Diese Annahme schliesst aber nicht die Möglichkeit aus, dass die Sedimente auf dem Boden dieses Urweltmeeres nicht dennoch Fossilien enthalten müssten. Andererseits hat man geltend machen wollen, dass das Leben seinen Ursprung wahrscheinlich nicht im Meere, sondern im Kontinentalgewässer gehabt haben muss. So weist Sederholm ausdrücklich darauf hin, dass im Kontinentalgebiet die für die Entstehung der Organismenwelt besonders wichtigen Kolloide bedeutend weiter verbreitet gewesen seien als im Meere. Erst im Kambrium erreichte diese Fauna den Meeresstrand. Von da ab waren die Möglichkeiten für das Fossilwerden bedeutend mannigfaltiger als vorher, da die Fauna im Festlandsgebiet lebte. Aber immerhin kann auch diese Annahme nicht die Fossilarmut des Präkambriums erklären. Denn irgendwo müssten auch unter den letzterörterten Verhältnissen wohl erhaltene Fossilien entdeckt werden können. Wollen wir nicht gänzlich von unserer modernen genetischen Auffassung der Lebewelt Abstand nehmen, so müssen wir die Existenz einer vorkambrischen Lebewelt als Tatsache ansehen und weiterhin erwarten, ihre Spuren zu finden, oder wenigstens erklären können, weshalb sie nicht zu finden sind. Ein hier zweifellos zu beachtender biologischer Gesichtspunkt wird uns neuerdings durch die von Daqué bisher nur andeutungsweise dargestellte Typenlehre gegeben. Das Aufeinanderfolgen von gewissen biologischen Typenkreisen, die nicht allein einzelne Formen oder Formengruppen umfassen, sondern die Lebewelt in ihrer Gesamtheit betreffen, könnte in diesem Falle viel erklären. Es bestünde sicher die Möglichkeit, dass im Präkambrium ein Typus existierte, der eben bei weitem nicht so erhaltungsfähig war. Man hat sich im allgemeinen ablehnend oder wenigstens reserviert zu den von Daqué ausgesprochenen Gedanken und seinen Konsequenzen gestellt. Im ganzen erscheinen mir die Vorstellungen von der Typenfolge kaum weniger absonderlich als die ersten Darlegungen der Abstammungslehre vor einem Jahrhundert. Die letzteren haben wir uns in verbesserter Form zu biologischen Lehrmeinungen erhoben. Dass sie nicht mehr voll befriedigen, weiss ein jeder. In der Typenlehre finden wir vielleicht doch noch den Ausweg zu einer klareren Ansicht der genetischen Verknüpfungen der Vorwelt. Jedenfalls sollte man einen neuen Weg erst begehen, ehe man ihn verwirft. Für das vorliegende Problem erscheint mir jedoch ein Verwerfen nicht so unbedingt notwendig, was man dagegen von den anderen biologischen Erklärungsgründen nicht behaupten könnte.

Von geologischer Seite hat man früher gerne darauf hingewiesen, dass die durchgreifende Metamorphose, die die präkambrischen Formationen erlitten haben, alle eventuell vorhanden gewesenen Fossilien zerstört haben müsste. Seitdem aber Reusch in den hochkristallinen Schiefern der norwegischen Berge silurische Fossilien nachweisen konnte und ähnliche Funde aus den Alpen und anderen Stellen bekannt wurden, ist dieser Grund für das Fehlen von Fossilien im Präkambrium nicht mehr stichhaltig. Wir müssen demnach nach anderen Ursachen suchen. Daqué hat in seiner Palaeogeographie darauf hingewiesen, dass die proterozoische Periode hauptsächlich durch kontinentale Ablagerungen ausgezeichnet ist, in denen man oft deutliche Spuren einer Glazialzeit nachweisen kann. Hieraus kann man den Schluss ziehen, dass das Proterozoikum überhaupt ungünstig für die Entwicklung einer Kalkschalerfauna war und dass weiter die Lebewelt der Festländer nur eine sehr arme gewesen sein könnte. Diese Rückschlüsse sind jedoch eben nur für die Gebiete geltend, aus denen wir eben gutbewahrte, in stratigraphischer Hinsicht wohl definierte proterozoische Komplexe kennen. Nun liegen die Verhältnisse aber so, dass man bisher proterozoische Formationen nur in den Gebieten ausgeschieden hat, in denen sie gut bewahrt worden sind und sich leicht von dem liegenden, meist mehr verschieferten archaischen Grundgebirge scheiden lassen. Für diese Gebiete, wie das Jatul in Finnland, die Dalsformation in Schweden, das Animikean und Keweenawan in Nordamerika, das Torridonian in Schottland und Jotnium in Fennoskandia, gilt die oben erwähnte Behauptung von Daqué. Diese Formationen sind also in kontinentalen und epikontinentalen Sedimentationsräumen abgelagert worden. Sie stellen also nur einen Teil der proterozoischen Bildungen dar, genau so wie die germanische Trias nur eine epikontinentale Vertretung der mächtigen geosynklinalen marinen Trias darstellt. Das Jatul der östlichen Fennoskandia hat sogar eine sehr grosse Ähnlichkeit mit der germanischen Trias, worauf Metzger besonders hingewiesen hat. Es ist daher anzunehmen, dass ausser diesen Gebieten noch andere existiert haben, die den geosynklinalen Ablagerungsräumen späterer Formationen entsprochen haben müssten. Gerade in diesen Gebieten müssten wir den Hauptteil der proterozoischen Lebensspuren erwarten. Da aber die Geosynklinalen als Orogene einer ausserordentlich viel stärkeren Umprägung ausgesetzt gewesen sind, ist ihre Wiedererkennung bedeutend schwerer. Wahrscheinlich stellen wir aus diesen Gründen einen bedeutenden Teil der proterozoischen Bildungen mit dem Archaikum zusammen, da wir sie nur schwer von diesen unterscheiden können. Die von Daqué dargestellten Verhältnisse gelten somit nur einem Teil der proterozoischen Bildungen. Wir kommen somit zu der Frage, weshalb die präkambrischen Formationen im allgemeinen soviel stärker umgewandelt worden sind als die

jüngeren orogenetisch umgeprägten Schiefer. In den letzteren finden wir trotz der Metamorphose ziemlich gut erhaltene Fossilien, während die ersteren solche Reste nicht aufweisen.

Nach den neueren Vorstellungen, die wir von dem Bau und der Bildungsgeschichte unserer Kontinentalschollen haben, sowie sie uns von Ampferer, Andrée, Wegener, Daqué und von Bubnoff dargestellt worden sind, müssen wir uns vorstellen, dass die Sialhaut die Erde in älteren Zeiten bedeutend mehr umspannte als heute, wo sie in den Kontinentalblöcken zusammengezogen ist. Wir müssen weiter annehmen, dass diese Sialhaut entsprechend dünner gewesen ist. Da nun bei der Gebirgsfaltung der Orogenkörper sich isostatisch verhält, d. h. mit dem grösseren Teil seiner Masse nach unten einsinkt, werden grosse Massen in die Zone metamorpher Umprägung hinabgedrängt. Das Verhältnis zwischen absinkendem und gehobenem Teil in einem Gebirgskörper ist stets konstant, etwa 9:1. Es ist nun leicht ersichtlich, dass das nach oben steigende Zehntel der Gebirgsmasse bei einer dünneren Sialhaut bedeutend kleiner ist als bei einer dickeren. Das bedeutet, dass ein grösserer Teil der Ablagerungen in die Umwandlungszone hinabgerät, wenn die Sialhaut verhältnismäßig dünner ist. Erst wenn die Sialhaut durch vorhergehende Faltungen an Mächtigkeit zugenommen hat, kann man erwarten, dass grössere Schichtkomplexe oberhalb der allgemeinen Umwandlungszone verharren. Dieses ist zuerst in den epikontinentalen Randgebieten der Orogene der Fall gewesen (Proterozoikum), hat aber später auch die eigentlichen Geosynklinalen betroffen. So sind die Kerngebiete der kaledonischen Geosynklinale noch zum allergrössten Teil hochkristallin, zeigen aber schon deutliche Reste von Fossilien. Die späteren Faltungen haben mit einer immer grösser werdenden Mächtigkeit der Faltungsmasse gearbeitet, wodurch immer grössere Teile der gefalteten Masse vor der umprägenden Tiefenzone bewahrt worden sind. Von besonderer Bedeutung war es aber, dass in vorkambrischer Zeit ein verhältnismäßig grösserer Teil der Orogene unter den Einfluss der Tiefeninjektion der Granite und der Palingenese gebracht wurden. Alle diese Umstände mussten dazu beitragen, dass die Umwandlung der vorkambrischen orogenetischen Zonen ausserordentlich viel intensiver war als diejenige der postkambrischen. Die Fossilarmut der präkambrischen Formationen beruht also darauf, dass die eigenartigen geophysikalischen Verhältnisse des Präkambriums (dünnere Sialhaut) eine bei weitem durchgreifendere Metamorphose, namentlich unter Mitwirkung abyssischer Granitinjektionen und Palingenese, bedingten, die die vorhandenen organischen Reste notwendigerweise vernichten musste. Erst mit Veränderung der geophysikalischen Verhältnisse (Zunahme der Mächtigkeit der Sialhaut durch Orogenese) wurden die Be-

dingungen für das Erhaltenbleiben der organischen Reste innerhalb der Orogene geschaffen. Dieses trat etwa mit dem Kambrium ein. Es sind diese Verhältnisse von einem Standpunkte aus behandelt, der der Kontraktionshypothese ablehnend gegenübersteht. Es sei jedoch bemerkt, dass auch vom Standpunkte der Kontraktionslehre die Annahme des allmählichen Zuwachses der Mächtigkeit der Sialhaut mit den damit verbundenen Folgeerscheinungen durchaus nicht abgelehnt zu werden braucht. Ob nämlich der Dickenzuwachs der Sialhaut mit oder ohne Kontraktion der Erde vor sich geht, ist ja durchaus gleichgültig für die aus diesem Zuwachs gefolgerten Erscheinungen.

Das Problem der präkambrischen Fossilien ist also kaum durch rein biologische Überlegungen zu lösen, sondern kann nur auf geologischer Basis behandelt werden. Der scharfe Gegensatz zwischen dem fossilarmen Präkambrium und dem fossilreichen Postkambrium liegt weniger darin, dass das erstere an organischen Formen ärmer gewesen sei als das letztere, sondern eher darin, dass das Postkambrium infolge günstigerer geophysikalischer Umstände seinen Schatz an organischen Resten hat bewahren können, im Gegensatz zu dem Präkambrium mit seiner verhältnismäßig wenig mächtigen Sialhaut. Es ist somit eher der für die Fossilerhaltung günstigere Charakter des Postkambriums, der den Gegensatz zum Präkambrium geschaffen hat.

Pargas im Juni 1927.

Literaturverzeichnis:

Ampferer, O. (1906). Über das Bewegungsbild von Faltengebirgen. Jahrb. Geol. Reichsanstalt Wien, Bd. 56, S. 539—622.

Andrée, K. (1914). Über die Bedingungen der Gebirgsbildung. Berlin, Bornträger.

Barrois, Ch. (1892). Sur les roches graphitiques de Bretagne. N. Jahrb. Min. Geol. Pal. 1892, I, S. 525—532. Stuttgart.

Bassler, R. S. (1919). Report on the Cambrian and OrdovicianFormations of Maryland. Maryland Geol. Survay 1919.

Blackwelder, E. (1915). A Fully Exposed Reef of Calcareous Algae (?) in the Middle Cambrian of the Teton Mountains. Am. Journ. Science, Bd. 39, S. 646—650.

Borgström, L. H. (1896). Tagebuch Suojärvi. Archiv Geol. Kommission Finnland, Helsingfors.

Brooks, W. L. (1894). The Origin of the Oldest Fossils and the Discovery of the Bottom of the Ocean. Journ. Geology, Bd. 2, S. 455—479, Chicago.

von Bubnoff, S. (1923). Die Gliederung der Erdrinde. Fortschr. Geol. Pal., Heft 3, Berlin, Bornträger.

Cayeux, M. L. (1894). Les preuves de l'existence d'organismes dans le terrain précambrien. Bull. Soc. géol. France, Bd. 22, S. 197—228, Paris.

Clarke, J. M. (1908). The Beginnings of Dependent Life. 61. Ann. Rep. New York St. Museum, Bd. 1, Albany.

Daly, R. A. (1909). First Calcareous Fossils and the Evolution of Limestones. Bull. Geol. Soc. America, Bd. 20, S. 153—170.

Daqué, E. (1915). Grundlagen und Methoden der Palaeogeographie, Jena 1915, G. Fischer.

Daqué, E. (1921). Vergleichende biologische Formenkunde der fossilen niederen Tiere, Berlin, Bornträger.

Frauenfelder H. (1924). Der Grafit in Finnland, seine Entstehung und Verwertung. Geotekn. Medd. Geol. Kommission Finnland, Nr. 38, Helsingfors.

Frech, F. (1904). Lethaea Geognostica, I. Lethaea palaeozoica, Bd. 2, Stuttgart, Schweizerbart.

Gürich, G. (1912). Die Leitfossilien, Lief. 1 Kambrium und Silur, Berlin, Bornträger.

Holtedahl, O. (1918). Bidrag till Finmarkens geologi. Norg. G. U. Nr. 84, Kristiania.

Inostranzeff, A. (1880). Ein neues äusserstes Glied der Reihe der amorphen Kohlenstoffe. Zentralbl. Min. Geol. Pal. 1880, Bd. I, S. 600 ff., Stuttgart.

Laitakari, A. (1924). Die Graphitvorkommen in Finnland und ihre Entstehung Geot. Medd. Geol. Kommission Finnland, Nr. 40, Helsingfors.

Laitakari, A. (1925). Über das jotnische Gebiet von Satakunta. Fennia, Bd. 45, Nr. 8, Helsingfors.

Leith, C. K. (1903). The Mesabi Iron-Bearing District of Minnesota. U.S.A. Geol. Surv. Monogr. 43, Washington.

Logan, Dawson, Carpenter, Sterry Hunt (1865). On the Occurence of Organic Remains in the Laurentian Rocks of Canada. Qu. Journ. Geol. Soc. Bd. 25, S. 45—74, London.

Metzger, A. A. Th. (1924). Die jatulischen Bildungen von Suojärvi in Ostfinnland. Bull. Comm. Géol. Finlande Nr. 64, Helsingfors.

Möbius, K. (1878). Der Bau des Eozoon canadense nach eigenen Untersuchungen verglichen mit dem Bau der Foraminiferen. Palaeontographica, Bd. 25, S. 175—192, Stuttgart.

Öpik, A. (1926). Über den estländischen Blauen Ton. Sitzungsb. d. Natrf. Ges. Un. Tartu, Bd. 33, 1, S. 39—47, Dorpat.

Ramsay, W. (1906). Beiträge zur Geologie der präkambrischen Bildungen im Gouvernemente Olonetz, Bd. I, Fennia, Bd. 27, Nr. 7, Helsingfors.

Ramsay, W. (1911). Beiträge zur Geologie der Halbinsel Kanin, Fennia, Bd. 31, Helsingfors.

Rauff, H. (1896). Über angebliche Organismenreste aus präkambrischen Schichten der Bretagne. N. Jahrb. Min. Geol. Pal. 1896, Bd. II, S. 117.

Reusch, H. (1882). Silurfossiler og pressede Konglomerater i Bergenskiffrene. Universitätsprogramm, Kristiania 1882.

Rothpletz, A. (1915—22). Über die systematische Deutung und stratigraphische Stellung der ältesten Versteinerungen Europas und Nordamerikas mit besonderer Berücksichtigung der Cryptozoen und Oolithe, I—II, Sitzbr. Bayr. Akad. Wiss. Mat. Phys. Kl. Bd. 28, Nr. 1, 4, Bd. 29, Nr. 5, München.

Sederholm, J. J. (1897). Über eine archaeische Sedimentformation im südwestlichen Finnland. Bull. Comm. Géol. Finlande Nr. 6, Helsingfors.

Sederholm, J. J. (1912). Sur les vestiges de la vie dans les formations progonozoiques. C. R. Congr. Int. Géol. Stockholm, Bd. I, S. 515—523.

Sederholm, J. J. (1924). Über die primäre Natur des Coryciums. Zentralbl. Min. Geol. Pal. 1924, S. 717—718, Stuttgart.

Sederholm, J. J. (1925). Nochmals das Corycium. Zentralbl. Min. Geol. Pal. Abt. B, 1925, S. 360—363, Stuttgart.

Steinmann, G. (1911). Gymnosolen Ramsayi. Vgl. Ramsay (1911).

Steinmann, G. (1910). Die kambrische Fauna im Rahmen der organischen Gesamtentwicklung. Geol. Rundsch. Bd. 1, S. 72 ff.

Timoféieff, W (1924). Sur le mode de formation de la chounguite. Trudy d. Naturforschervereins Leningrad, Bd. 39, Nr. 9, S. 99—120. Leningrad.

Walcott, Ch. D. (1899). Precambrian Fossiliferous Formations. Bull. Soc. Geol. America, Bd. 10, S. 266 ff.

Walcott Ch. D. (1906). Notes on the Fossils from the Limestone of Steeprock Lake, Ontario. Mem. Geol. Surv. Canada, Nr. 28, Otawa.

Walcott, Ch. D. (1908 ff.). Cambrian Geology and Palaeontology. Smiths. Misc. Coll von Bd. 33 ab, Washington.

Walcott Ch. D. (1910). The Abrupt Appearance of the Cambrian Fauna on the North-American Continent. Smiths. Misc. Coll. 57, Washington.

Walcott, Ch. D. (1914). Precambrian Algonkian Algal Flora. Smiths. Misc. Coll 64.

Walther, J. (1927). Allgemeine Paläontologie I—IV, Berlin, Bornträger.

Wegener, A. (1922). Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. Braunschweig, Vieweg.